

# SDH 施工技术

中国铁路通信信号上海工程公司 左德沅 肖红 编著

中国铁道出版社

1998年·北京

---

## 前 言

同步数字体系(SDH)是数字通信新技术,已在铁路通信网中广泛采用。为适应铁路干线通信、地区通信 SDH 施工技术需要,结合中国铁路通信信号上海工程公司近年来的工程实践,我们编写了 SDH 施工技术手册,作为 1995 年版铁路工程施工技术手册《通信》的补充。

本手册概述了 SDH 施工技术相关的基本原理和结构,介绍了 SDH 设备的基本组成、同步光缆数字线路系统、传输损伤、光缆线路施工、SDH 设备安装调试等内容,重点介绍了 SDH 施工测试技术。

在 SDH 施工测试技术中,主要介绍了线路测试和电接口参数、光接口参数、抖动特性、误码特性、同步定时等项目测试的测试标准和测试方法,还介绍了 SDH 的功能试验和网管系统测试方法。

为了方便施工技术人员查阅 SDH 施工技术文件,本手册最后列出了 SDH 常用术语的中英文对照说明。

由于编者水平和经验有限,本手册内容不足之处,敬请广大读者提出批评指正。

编著者

1997.6

• 1 •

# (京)新登字 063 号

## 内 容 简 介

本手册是 1995 年版铁路工程施工技术手册《通信》的补充,内容包括与 SDH 施工技术相关的 SDH 基本原理和结构、SDH 设备的组成、同步光缆数字线路系统、传输损伤、光缆线路施工、SDH 设备安装调试和工程测试。SDH 施工测试是本手册的重点,主要介绍了电路测试和电接口参数、光接口参数、抖动特性、误码特性、同步定时等项测试的测试标准和方法,还介绍了 SDH 的功能试验和网管系统测试方法。为了方便施工技术人员查阅 SDH 施工技术文件,本手册最后列出了 SDH 常用术语的中英文对照说明。

本手册可供铁路通信工程 SDH 施工技术人员使用,亦可供通信设计、维修和教学人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

SDH 施工技术/左德沅,肖红编著. —北京:中国铁道出版社,1997.9

ISBN 7-113-02802-0

I. S… Ⅰ. ①左… ②肖… Ⅲ. 铁路通信-工程施工-技术 N. U282

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21852 号

### SDH 施工技术

左德沅 肖红 编著

中国铁道出版社出版发行

(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑:安颖芬 封面设计:赵敬宇

中国铁道出版社印刷厂印 各地新华书店经售

1998 年 3 月第 1 版 第 1 次印刷

开本:850×1168 1/32 印张:2.125 字数:53 千字

印数:1—3000 册 定价:4.60 元

---

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

# 目 录

一、SDH 概述 .....	1
(一)SDH 的复用原理 .....	1
(二)SDH 的帧结构 .....	2
(三)SDH 的开销功能 .....	4
(四)SDH 的指针 .....	7
(五)SDH 的两种常用组网方式 .....	9
二、SDH 设备介绍 .....	10
(一)SDH 网元 .....	10
(二)SDH 监控系统的特点及功能 .....	16
(三)技术数据 .....	17
三、同步光缆数字线路系统 .....	17
(一)传输媒质 .....	19
(二)光纤的主要规范 .....	20
四、传输损伤 .....	21
(一)假设参考连接 .....	21
(二)假设参考数字链路 .....	21
(三)假设参考数字段 .....	22
(四)误码特性 .....	22
(五)抖动特性 .....	23
(六)漂移特性 .....	23
五、光缆线路施工 .....	24
(一)光缆单盘测试 .....	24
(二)光缆配盘 .....	24
(三)光缆敷设 .....	24
(四)光缆接续 .....	24

(五)光中继段测试 .....	25
<b>六、SDH 设备安装与调试 .....</b>	<b>25</b>
(一)设备安装 .....	25
(二)设备加电 .....	27
(三)软件调试 .....	27
(四)安装勤务联络电话 .....	28
(五)系统建立 .....	28
<b>七、SDH 的工程测试 .....</b>	<b>28</b>
(一)SDH 工程的测试形式 .....	28
(二)测试前的准备工作 .....	29
(三)测试内容 .....	32
1. 线路测试 .....	33
2. 电接口参数测试 .....	33
3. 光接口参数测试 .....	36
4. 抖动特性测试 .....	41
5. 映射、去映射测试 .....	48
6. 2 Mbit/s 通道误码性能测试 .....	48
7. 网同步定时测试 .....	49
8. 功能试验 .....	51
9. 网管系统测试 .....	55
<b>附录 常用术语 .....</b>	<b>57</b>
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>62</b>

## 一、SDH 概述

SDH 即同步数字体系,是完全不同于准同步数字体系(PDH)的,从统一的国家电信网和国际互通的高度来组建的智能化的传输网体制。它由一些 SDH 网元(NE)组成,在光纤上(或通过微波和卫星传输的方式)进行同步信号传输、复用、分插和交叉连接。它有符合国际标准的网络节点接口(NNI)和标准化的信息结构等级,即同步传送模块 STM-N,并具有块状帧结构,允许安排丰富的开销比特(即网络节点接口比特流中扣除净负荷之后的剩余部分)用于网络的操作与维护(OAM),因此有强大的网管能力、数字交叉连接功能及高可靠的自愈环结构等特点。

基本网元有:同步光缆数字线路系统、终端复用器(TM)、线路再生器(REG)、分插复用器(ADM)和数字交叉连接器(SDXC)。其功能各异,但都有统一的标准光接口,能够在基本光缆段上实现横向兼容。它有一套特殊的复用结构,允许现存的准同步数字体系、同步数字体系和 B-ISDN 信号进入其帧结构,因而具有广泛的适应性。它采用大量软件进行网络的配置和控制,使得新功能和特性的增加比较方便,适用于将来的不断发展。

### (一) SDH 的复用原理

图 1 规定了我国 SDH 基本复用结构,该结构保证了每一种速率信号只有唯一的一条路线可以到达 STM-N 帧。

在 PDH/SDH 边界处,G. 703 所描述的各种信号以及 ATM 信号先分别经过码速调整装入相应的标准容器(C),容器的比特率通过固定的填塞来构成,标准容器中出来的数字流加上通道开销(POH)后形成虚容器(VC),这一过程称为映射。VC-1X、VC-2X(X=1,2)称为低阶虚容器;VC-3,VC-4 称为高阶虚容器。低阶

虚容器或高阶虚容器经过指针(PTR)的定位校准,被组合进支路单元(TU)或管理单元(AU)中,TU、AU的主要功能就是实施指针处理。通过这些指针与填塞技术一道来补偿同步运行中出现的难以避免的相位波动和其他干扰。最后插入段开销(SOH)组成STM-N帧。

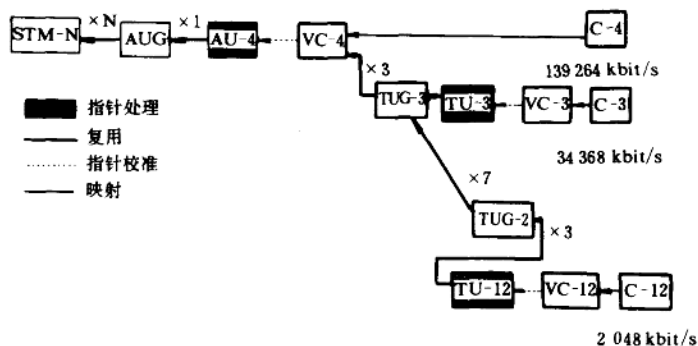


图1 SDH基本复用映射结构

STM-1的比特率为155.520 Mbit/s,光纤传输的所有较高级别的SDH都是STM-1基本帧的整数倍,无附加开销嵌入到较高级别的帧中,这说明SDH是以单个标准帧为基础的同步传输网络。

目前,关于复用的SDH信号,已经标准化了几个更高的级别:

STM-4	622.080 Mbit/s;
STM-16	2 488.320 Mbit/s;
STM-64	9 953.280 Mbit/s。

## (二) SDH的帧结构

### 1. 基本结构

STM-1帧结构示意图如图2。信号的比特率为155 520 kbit/s,为同步传送模块的基本模块(即STM-1)。其最小的单元为字节

(每字节为 8 比特),每帧由 2 430 个字节(270 列 $\times$ 9 行)组成,重复周期为 125  $\mu$ s。表示成二维的帧结构中字节的传输是从左到右,由上而下按顺序进行的。这个二维帧,用示波器来观察还是一维的,二维只不过是一种描述方法而已。如此一帧一帧地传送,每秒共传 8 000 帧。

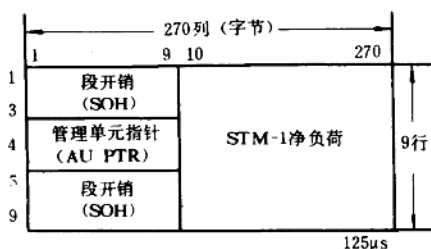


图 2 STM-1 帧结构示意图

### (1) 段开销(SOH)

STM-1 信号帧的第 1 列到第 9 列中的第 1 行至第 3 行和第 5 行至第 9 行为段开销(SOH),用来完成段的管理、维护功能。

### (2) 管理单元指针(AU PTR)

STM-1 信号帧的第 1 列到第 9 列中的第 4 行用作管理单元指针(AU PTR),它提供了 AU-4 帧中灵活和动态的 VC-4 定位方法。

### (3) 信息净负荷

由高阶虚容器 VC-n(n=3,4)组成。

VC-n 由单元 C-n(由净负荷容量确定的单元),或一些支路单元组(TUG-2),或一些 TU-3 的集合,与适合于该等级的 1 个虚容器通道开销(POH)一起组成。

## 2. STM-N 帧结构

更高阶同步传输模块由基本模块信号 STM-1 的 N 倍组成,即 STM-N。STM-N 的帧结构为 270 $\times$ N 列 $\times$ 9 行组成,目前 N 只



能取 1,4,16,64。

### (三) SDH 的开销功能

#### 1. 开销类型

开销分为三类,以 STM-1 为例,各种开销的安排如图 3 所示。

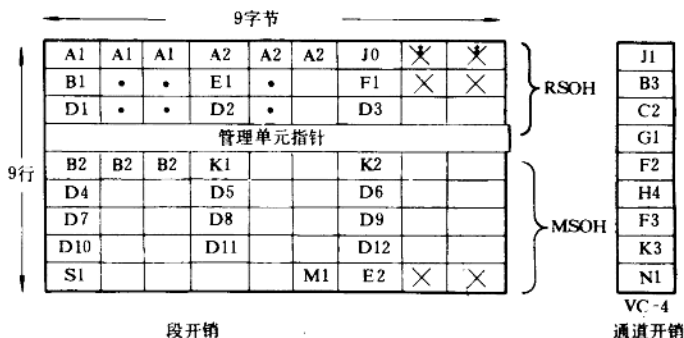


图 3 STM-1 段开销与 VC-4 通道开销排列

×—国内使用保留字节; ×—不扰码字节;

•—与传输媒质有关的特征字节(暂用);

未标记字节待将来国际标准确定(与媒质有关的应用,

附加国内使用和其他用途)。

第一类为终结于再生器的再生段开销(RSOH),占段开销的第 1 行至第 3 行。

第二类为透明地通过再生器,终结在管理单元组(AUG)组装和拆卸处的复用段开销(MSOH),占段开销的第 5 行至第 9 行。

第三类为终结在虚容器的组装和拆卸点的虚容器通道开销(VC POH),它能提供通信的完整性,又分为:

#### ①低阶 VC POH(如 VC-12 POH)

用 1 个字节 V5 来完成虚容器通道性能监视,维护用信号及告警状态指示。

#### ②高阶 VC POH(如 VC-3/VC-4 POH)

用 9 个字节(J1,B3,C2,G1,F2,H4,F3,K3 和 N1)来完成虚容器通道性能监视、告警状态指示,维护用信号及复接结构指示。

## 2. SOH 描述

(1) SOH 字节在 STM-N 帧内的位置由三维坐标矢量 S(a, b,c)来确定,其中 a(1 到 3,5 到 9)表示行数;b(1 到 9)表示复列数;c 表示在复列中间插的层次(1 到 N)。

行、列和坐标矢量之间的关系为:

行 = a

列 =  $N(b-1)+c$

### (2) SOH 字节描述

#### ① 定帧字节:A1、A2

用于识别帧的起始位置。

#### ② 再生段踪迹字节:J0

该字节用来重复发送“段接入点识别符”(APID)以使段接收机能正确识别是否连接到应该连接的通道上了。

#### ③ 数据通信通路(DCC):D1~D12

DCC 用来构成 SDH 管理网的传送通路。其中:

字节 D1、D2 和 D3 的通路作为再生段的 DCC,嵌入控制通路(ECC)的物理层,在网络元之间传输操作、管理和维护(OAM)信息,构成 SDH 管理网(SMN)的部分传送通路。

字节 D4 到 D12 的通路作为复用段的 DCC。

#### ④ 公务联络字节:E1、E2

这两个字节可用作 64 kbit/s 语音通信的公务联络通路。E1 可在再生器接入,E2 可在复用段终端接入。

#### ⑤ 使用者通路字节:F1

为特殊维护目的提供临时数据/音频通路的连接。

#### ⑥ BIP-8 字节:B1

该字节用作再生段误码监测,使用偶校验的比特间插奇偶校验 8 位码(BIP-8)。

#### ⑦ BIP-N×24 字节:B2

B2 字节安排用于一个复用段误码监测。其功能应是一个比特间插奇偶校验  $N \times 24$  编码,使用偶校验。

⑧自动保护倒换(APS)通路字节:K1、K2(b1~b5)

该字节用作 APS 信令(指令)。

⑨复用段远端缺陷指示(MS-RDI):K2(b6~b8)

MS-RDI 用于向发送端回送一个指示,表示接收端已检测到上游段失效或收到 MS-AIS。

⑩同步状态字节:S1(b5~b8)

⑪复用段远端差错指示(MS-REI)字节:M1

### 3. POH 字节描述

下面以 VC-4 为例进行说明:

(1) VC-4 通道追踪字节:J1

(2) BIP-8 字节:B3

该字节用于通道的误码监视,使用偶校验的 BIP-8 码。

(3) 信号标记字节:C2

C2 字节用来表示 VC-4 的组成。

(4) 通道状态字节:G1

G1 字节用来将通道终结状态和性能情况回送给 VC-4 通道源设备,这样就允许在通道的任一端,或者通道中的任意点对完全的双向通道状态和性能进行监视。

(5) 通道使用者通路字节:F2 和 F3

这两个字节供通道单元之间进行通信联络,与净负荷有关。

(6) 位置指示字节:H4

该字节为净负荷提供一般位置指示,也可指示特殊的净负荷位置,例如它可以作为 VC-12 的复帧位置指示。

(7) 自动保护倒换(APS)通路:K3(b1~b4)

用作高阶通道级保护的 APS 指令。

(8) 网络操作者字节:N1

提供高阶通道的串接监视功能。

(9) 备用比特:K3(b5~b8)

留待将来使用,没有规定值,接收机应忽略其值。

#### (四)SDH 的指针

##### 1. 指针的作用

SDH 中的指针类似于软件中的指针,其作用为:

(1) 当网络处于同步工作状态时,指针用来进行同步信号间的相位校准;

(2) 当网络失去同步时,指针用做频率和相位校准;

(3) 指针还可以用来容纳网络中的频率抖动和漂移。

##### 2. 指针的分类与结构

指针分为管理单元指针(AU PTR)和支路单元指针(TU PTR)。下面以 AU-4 指针为例说明指针的结构及其作用。

AU-4 指针提供了 AU-4 帧中灵活和动态的 VC-4 定位方法。

动态定位意味着允许 VC-4 在 AU-4 帧内“浮动”。于是指针不仅能适应 VC-4 和 SOH 的相位差,而且也能适应其帧速率的差异。

##### (1) AU-4 指针位置

AU-4 指针包含在帧结构的第 1 行的 1~9 列的 H1、H2、H3 字节中。

##### (2) AU-4 指针值

含在 H1、H2 字节中的指针指出 VC-4 起始字节的位置。分配给指针功能的这两个字节可以看作一个码字,如图 4 所示。其中指针字的最后 10 个比特(7~16 比特)携带具体指针值。AU-4 指针值为十进制数 0~782 范围的二进制数。该值指示指针和 VC-4 第 1 个字节间的相对位置,并以 3 个字节为单位进行增减调整。

当 4 个 N 比特中 3 个与“1001”相符时,NDF 解释为“起作用”;当 4 个 N 比特中 3 个与“0110”相符时,NDF 解释为“不起作用”;其他码无效。

当若干个 AU-4 需要级联起来以便传送大于单个 C-4 容量的

净负荷时,则除了第1个AU-4以外,其余AU-4指针的H1H2中的16比特还可组成1个附加的有效指针,即级联指示(CI),其内容为:1001SS1111111111(S比特未作规定)。

当出现告警指示信号(AIS)时,指针全置为“1”。

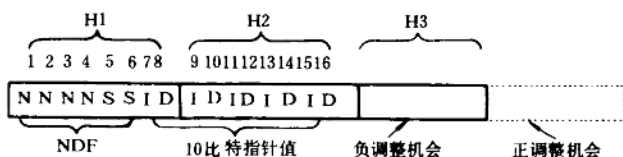


图4 AU-4指针编码

I—增加比特;D—减少比特;N—新数据;NDF—新数据标识;SS—在AU-4指针中规定为“10”;负调整—反转5个D比特,多数表决判定;正调整—反转5个I比特,多数表决判定。

### 3. 频率调整

如果在AUG帧速率和VC帧速率之间有偏差,那么指针值将按需要增大或减少,同时相应地改变正、负调整字节。连续的指针操作至少间隔3个帧,这3个帧期间指针值保持不变。

如果VC的帧速率相对于AUG太慢,则可以靠插入正调整字节来适应。于是VC必须在时间上周期地向后移动,且指针值应增加“1”。这种操作由指针字第7,9,11,13和15比特(I比特)的反转来指示。这种反转使接收机能进行5个比特的多数表决判定。3个正调整字节立即出现在含有反转I比特的AU-4帧中最后一个H3字节之后。相继指针将含有新偏移。

如果VC的帧速率相对于AUG太快,那么可以利用指针区的3个H3字节来存放VC信息(负调整字节),从而相当于降低VC速率,于是VC必须在时间上周期性提前,且指针值应减少“1”。该操作由指针字第8,10,12,14和16比特(D比特)的反转来指示,这种反转使接收机进行5个比特多数表决判定。3个负调整字节出现在含有反转D比特的AU-4帧的H3字节中,相继指针将含有新偏差。

## (五) SDH 的两种常用组网方式

### 1. SDH 链路

SDH 链路是用来传输数字信号及点对点连接的 SDH 或与 SDH 网络相连的环,因此适用于替代现有的 PDH 点对点连接的链路。网元可包括 TM、REG 和 ADM。其中 TM、ADM 可配置所有 PDH 与 SDH 支路信号公共接口,分插话路可用 ADM 进行,这样除了具有 SDH 的通用优势外,与 PDH 传输系统相比,在分插低速率信号如 2 Mbit/s 时,还能大大节省复用设备。SDH 分插链路的网图见图 5。

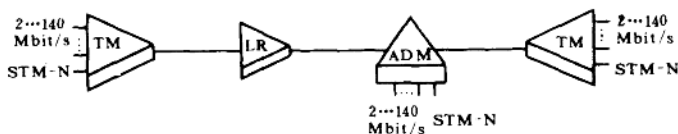


图 5 SDH 分插链路

### 2. SDH 环

SDH 环是将各种交换或分插的线路连接到同步分/插复用器上,而这些设备内部之间通过两根光纤相连。SDH 环网图如图 6 所示。

环网与星形网相比有下列优势:

- ①灵活:可按照需求不同将某处分插的话务量选择成环网的最大容量,而单个节点上的话务量少一点,可设为平均容量。
- ②高效经济:与点对点连接相比,环路提供连续的存取,信号由两条独立的路线引导,因此使用更可靠。
- ③保护切换:在环中的信号有几种传输方式,自愈环提供 1+1 通道保护切换,即环中任两站之间的话务可通过两条独立的路线传输,接收端二中取一,若主用信号出错或丢失,如由于线路中断,ADM 就自动切换到另一备用通道,切换与恢复时间很短。

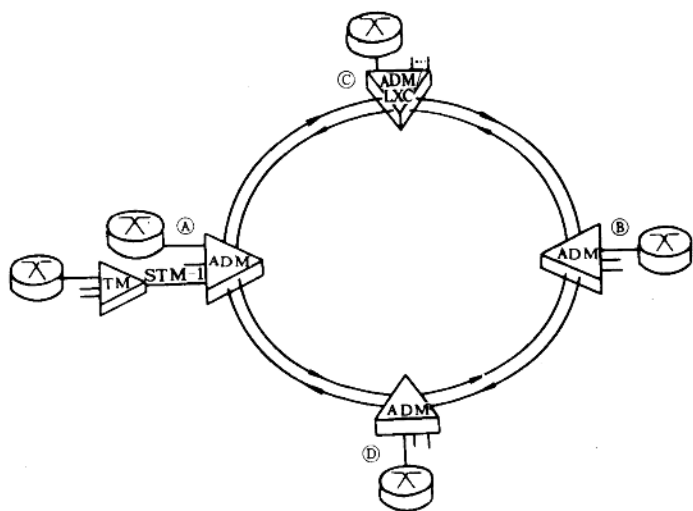


图6 SDH 环网

## 二、SDH 设备介绍

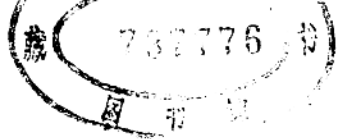
### (一) SDH 网元

#### 1. 网元的术语符号

例:

ADM	—	16	/	4
型号		SDH 级别		连接级别
TM		1-STM-1		1-VC-12
ADM		4-STM-4		4-VC-4
SDXC		16-STM-16		
REG				

注: TM——终端复用器; ADM——上下分插复用器; SDXC——同步数字交叉连接器; REG——线路再生器。



## 2. 网元结构

包括三种组成部件:插入单元、连接接口、机架。现以 PHILIPS(现为 LUCENT)公司的产品为例,分别说明如下:

### (1) 插入单元功能板

插入单元分为下列不同的功能板:同步接口单元、支路接口单元、交换与匹配单元、中央插入单元和专用插入单元。几种典型网元的配置情况如表 1~表 5 所示。

表 1 TM-1

插入单元	功 能	数 量
SIU-1	1 个 STM-1 主干光信号接口(收、发)	1(或 1+1)
MCU	监视与通信控制	1
CCU-X3	复用器中的中央时钟源	1
TIU-1	21 个 2 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-3	6 个 34/45 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-4	4 个 140/155 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定

注:若用 PHAMOS 第二版本运行 TM-1,则还需要 1 块 CMU-1 及 2 块 PPU-1 板。

表 2 TM-4/1

插入单元	功 能	数 量
SIU-4	1 个 STM-4 主干光信号接口(收、发)	1(或 1+1)
MCU	监视与通信控制	1
CCU-X3	复用器中的中央时钟源	1
TIU-1	21 个 2 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据需要确定
TIU-3	6 个 34/45 Mbit/s 支路信号接口	根据需要确定
TIU-4	4 个 140/155 Mbit/s 支路信号接口	根据需要确定
SIU-1	1 个 STM-1 支路光信号接口	根据需要确定

注:若用 PHAMOS 第二版本运行 TM-4/1,则还需要 1 块 CMU-1 及 2 块 PPU-1 板,具体数量根据采用的支路单元板确定。



表 3 ADM-1/1

插入单元	功 能	数 量
SIU-1	STM-1 主干光信号接口(收、发)	2(或 2+2)
MCU	监视与通信控制	1
CCU-X3	复用器中的中央时钟源	1(在 SIU-1 板上)
PPU-1	进行指针处理(信号匹配)	1 或 2
CMU-1	进行信号的交叉连接	1
TIU-1	21 个 2 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-3	6 个 34 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-4	4 个 140/155 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
SIU-1	1 个 STM-1 支路(光)信号接口	根据实际需要确定

表 4 ADM-4/1

插入单元	功 能	数 量
SIU-4	STM-4 主干光信号接口(收、发)	2(或 2+2)
MCU	监视与通信控制	1
CCU-X3	复用器中的中央时钟源	1(在 SIU-4 板上)
PPU-1	进行指针处理(信号匹配)	3~4
CMU-1	进行信号的交叉连接	1
TIU-1	21 个 2 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-3	6 个 34 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-4	4 个 140/155 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
SIU-1	STM-1 支路(光)信号接口	根据实际需要确定

表 5 SDXC-4

插入单元	功 能	数 量
STU-4	STM-4 主干光信号接口(收、发)	2(或 2+2)
MCU	监视与通信控制	1
CCU-X3	复用器中的中央时钟源	1(在 SIU-4 板上)
PPU-1	进行指针处理(信号匹配)	3~4
CMU	进行信号的交叉连接	1
TIU-1	21 个 2 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-3	6 个 34 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定
TIU-4	4 个 140/155 Mbit/s 支路(电)信号接口	根据实际需要确定